

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016 年 12 月 1 日(01.12.2016)



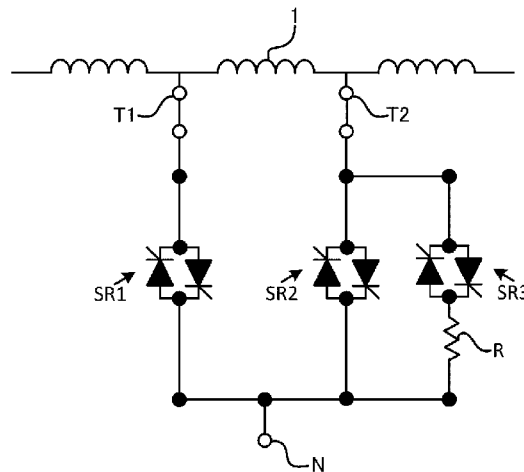
(10) 国際公開番号  
**WO 2016/190418 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H01F 29/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065750
- (22) 国際出願日: 2016 年 5 月 27 日(27.05.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2015-107095 2015 年 5 月 27 日(27.05.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高野 啓 (TAKANO, Kei); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 千切 健史 (CHIGIRI, Takeshi); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 篠田 昌幸 (SHINODA, Masayuki); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP). 田井 裕通 (TAI, Hiromichi); 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産室内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 木内 光春 (KIUCHI, Mitsuharu); 〒1050003 東京都港区西新橋 1 丁目 6 番 1 3 号 虎ノ門吉荒ビルディング 5 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: TAP CHANGER

(54) 発明の名称: タップ切換器



(57) Abstract: Provided is a tap changer which is compact and for which the maintenance interval is prolonged. The tap changer comprises: a first terminal T1 and a second terminal T2 that are connected to a tap winding 1 of a stationary induction electric device; a first semiconductor switch SR1 that is connected between the first terminal T1 and a neutral point terminal N of the stationary induction electric device; a second semiconductor switch SR2 that is connected between the second terminal T2 and the neutral point terminal N; a third semiconductor switch SR3 that is connected in parallel with the second semiconductor switch SR2 between the second terminal T2 and the neutral point terminal N; and a resistor R that is connected between the third semiconductor switch SR3 and the neutral point terminal N.

(57) 要約: 小型でメンテナンス間隔を長期化させたタップ切換器を提供する。静止誘導電器のタップ巻線 1 に接続される第 1 の端子 T1 および第 2 の端子 T2 と、第 1 の端子 T1 と、静止誘導電器の中性点端子 N と、の間に接続された第 1 の半導体スイッチ SR1 と、第 2 の端子 T2 と、中性点端子 N と、の間に接続された第 2 の半導体スイッチ SR2 と、第 2 の端子 T2 と、中性点端子 N と、の間に、第 2 の半導体スイッチ SR2 と並列に接続された第 3 の半導体スイッチ SR3 と、第 3 の半導体スイッチ SR3 と、中性点端子 N と、の間に接続された抵抗器 R と、を有する。



WO 2016/190418 A1



---

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))  
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## 明 細 書

発明の名称： タップ切換器

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、半導体スイッチを用いたタップ切換器に関する。

背景技術

[0002] タップ切換器は、電流開閉素子を有し、静止誘導電器のタップを無停電に切換える。タップ切換器の電流開閉素子としては、アーク接点とよばれる油中接点や、真空バルブが用いることができる。ただし、油中接点を使用したタップ切換器では、タップの切換時に接点で放電が発生し、周囲の絶縁媒体を汚損することがある。そのため、比較的短い間隔での点検を要する。従って、近年では、真空バルブを使用して切換を行うタップ切換器が実用化されている。

[0003] 真空バルブを用いたタップ切換器としては、第1の真空バルブと、第1の真空バルブに対して直列に接続された機械式接触子とを有し、第1の真空バルブに2つの補助電路を設け、補助電路のそれぞれに、第2の真空バルブ又は第3の真空バルブと、第2および第3の真空バルブに対して直列に接続された限流抵抗を設ける構成が提案されている。真空バルブは、真空の容器内に機械式接点が設けられており、外部に設けられた蓄勢機構からの力により開閉される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2013-528942号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、真空バルブのような機械式接点を設けた場合、切換可能回数の最大値が設定されており、切換回数に応じたメンテナンスが随時必要となる。特に切換回数が多い接点では、真空バルブの劣化が生じる。また、接

点を動作させるための蓄勢機構によりタップ切換器が大型化する問題があった。

[0006] また、真空バルブを用いた場合、絶縁媒体として高圧ガスを用いることができない。すなわち、絶縁耐性を上げるためにガスを圧縮すると、真空バルブがその圧力に耐えられなくなる。そのため、真空バルブにガスを用いる場合には、ガス圧を下げることになるが、ガス圧を下げると絶縁耐力が低くなり、絶縁耐力を持たせるためにタップ切換器を大型化する必要が生じていた。

[0007] 本発明の実施形態は、上記のような従来技術の問題点を解決するために提案されたものである。その目的は、小型でメンテナンス間隔を長期化させたタップ切換器を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0008] 上記のような目的を達成するための実施形態のタップ切換器は、静止誘導電器のタップ巻線に接続される第1の端子および第2の端子と、前記第1の端子と、前記静止誘導電器の中性点端子と、の間に接続された第1の半導体スイッチと、前記第2の端子と、前記中性点端子と、の間に接続された第2の半導体スイッチと、前記第2の端子と、前記中性点端子と、の間に、前記第2の半導体スイッチと並列に接続された第3の半導体スイッチと、前記第3の半導体スイッチと、前記中性点端子と、の間に接続された抵抗器と、を有することを特徴とする。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態のタップ切換器の構成の一例を示す回路図である。

[図2]第1の実施形態のタップ切換器における切換シーケンスを示す表であり、(a)は端子T1からT2に切換える際のシーケンスを、(b)は端子T2からT1に切換える際のシーケンスを示す。

[図3]第1の実施形態のタップ切換器において、端子T1から端子T2に切換える際に回路を流れる電流について説明する回路図である。

[図4]第1の実施形態のタップ切換器において、端子T2から端子T1に切換

える際に回路を流れる電流について説明する回路図である。

[図5]第2の実施形態のタップ切換器の構成の一例を示す回路図である。

[図6]第2の実施形態のタップ切換器における切換シーケンスを示す表であり、(a)は端子T1からT2に切換える際のシーケンスを、(b)は端子T2からT1に切換える際のシーケンスを示す。

[図7]第2の実施形態のタップ切換器において、端子T1から端子T2に切換える際に回路を流れる電流について説明する回路図である。

[図8]第2の実施形態のタップ切換器において、端子T2から端子T1に切換える際に回路を流れる電流について説明する回路図である。

[図9]第3の実施形態のタップ切換器の構成の一例を示す回路図である。

[図10]第3の実施形態のタップ切換器における切換シーケンスを示す表であり、(a)は端子T1からT2に切換える際のシーケンスを、(b)は端子T2からT1に切換える際のシーケンスを示す。

[図11]第4の実施形態のタップ切換器の構成の一例を示す回路図である。

[図12]第4の実施形態のタップ切換器における切換シーケンスを示す表であり、(a)は端子T1からT2に切換える際のシーケンスを、(b)は端子T2からT1に切換える際のシーケンスを示す。

[図13]第5の実施形態のタップ切換器の構成の一例を示す回路図である。

## 発明を実施するための形態

### [0010] [第1の実施形態]

#### [1. 構成]

以下、本発明の第1の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本実施形態のタップ切換器の構成の一例を示す回路図である。図1は、静止誘導電器のタップ巻線1と、中性点端子Nとの接続部を示している。タップ切換器は、静止誘導電器のタップ巻線1に、端子T1およびT2を介して接続されている。

[0011] 端子T1と中性点端子Nとの間には、半導体スイッチSR1が接続されている。端子T2と中性点端子Nとの間には、半導体スイッチSR2が接続さ

れている。また、端子T2と中性点端子Nとの間には、半導体スイッチSR3が、半導体スイッチSR2と並列となるように接続されている。半導体スイッチSR3と中性点端子Nの間には、抵抗器Rが接続されている。半導体スイッチSR1、半導体スイッチSR2、および抵抗器Rの中性点端子N側と、中性点端子Nとは、互いに接続されている。

[0012] 半導体スイッチSR1、SR2、SR3としては、複数のサイリスタを逆並列に接続した双方向サイリスタを用いることができる。双方向サイリスタでは、双方向の電流を流すことができる。図1では、2個のサイリスタを逆並列に接続した例を示しているが、用いるサイリスタの数は適宜設計可能である。また、例えば双方向サイリスタを多直列に接続して、耐圧を向上させても良い。半導体スイッチとしては、他にも、GTOやIGBT等の自励式のスイッチング素子を用いても良い。

[0013] [2. 切換シーケンス]

本実施形態のタップ切換器の切換シーケンスについて、図2～4を参照して説明する。

[0014] (端子T1からT2へ切替える場合)

図2(a)は、端子T1からT2に切替える際の切換シーケンスを示す表である。図3は、端子T1からT2に切替える際の電流を説明する回路図である。なお、以下では、スイッチを閉じている状態をON、開いている場合をOFFと示して説明する。また、スイッチをOFFとするタイミングは、半導体スイッチにサイリスタを用いた場合は、タップ巻線1の電流が0Aとなるタイミングである。半導体スイッチに自励式のスイッチング素子を用いた場合、スイッチをOFFするタイミングは任意に決めることができるが、サージの発生を防ぐ観点から、巻線1の電流が0Aとなるタイミングが望ましい。

[0015] まず、端子T1が接続されている場合、図2(a)の順序1に示す通り、半導体スイッチSR1はON状態である一方、半導体スイッチSR2およびSR3はOFF状態である。図3(1)に示す通り、電流は、タップ巻線1

から、端子T 1 および半導体スイッチSR 1 を介して中性点端子Nに流れる。  
。

[0016] ここで、端子T 1 から端子T 2 に切換える場合、端子T 1 と端子T 2 を同時にON状態とすると、電流は中性点端子Nに流れず、端子T 1 側から、タップ切換器内の回路を通し端子T 2 側に流れる循環電流となり、温度上昇による巻線の焼損や、電磁機械力による巻線の変形が発生する恐れがある。そこで、図2 (a) の順序2 に示す通り、半導体スイッチSR 1 のON状態を維持したままで、半導体スイッチSR 3 をONする。すると、図3 (2) に示す通り、電流は、タップ巻線1 から、端子T 1 および半導体スイッチSR 1 を介して中性点端子Nに流れる電流と、タップ巻線1 から、端子T 2、半導体スイッチSR 3、および抵抗器Rを介して中性点端子Nに流れる電流に分流する。また、抵抗Rがあることで、端子T 1、半導体スイッチSR 1、半導体スイッチSR 3 を介して端子T 2 に流れる循環電流を大幅に抑制することができる。

[0017] 次に、図2 (a) の順序3 に示す通り、半導体スイッチSR 1 をOFFする。すると、図3 (3) に示す通り、電流は、タップ巻線1 から、端子T 2、半導体スイッチSR 3、および抵抗器Rを介して中性点端子Nに流れる。そして、図2 (a) の順序4 に示す通り、半導体スイッチSR 2 をONする。半導体スイッチSR 3 には抵抗器Rが接続されているため、図3 (4) に示す通り、電流の大部分は、タップ巻線1 から、端子T 2 および半導体スイッチSR 2 を介して中性点端子Nに流れる。ただし、タップ巻線1 から、端子T 2、半導体スイッチSR 3、および抵抗器Rを介して中性点端子Nに流れる電流も存在する。

[0018] 最後に、図2 (a) の順序5 に示す通り、半導体スイッチSR 3 をOFFにする。すると、図3 (5) に示す通り、電流は、タップ巻線1 から、端子T 2 および半導体スイッチSR 2 を介して中性点端子Nに流れる電流のみとなる。以上のように切換シーケンスを終了し、図3 (5) に示す状態で運転を継続することとなる。

[0019] (端子T2からT1へ切換える場合)

図2(b)は、端子T2からT1に切換える際の切換シーケンスを示す表である。図4は、端子T2からT1に切換える際の電流を説明する回路図である。

[0020] まず、端子T2が接続されている場合、図2(b)の順序1に示す通り、半導体スイッチSR2はON状態である一方、半導体スイッチSR1およびSR3はOFF状態である。図4(1)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T2および半導体スイッチSR2を介して中性点端子Nに流れる。

[0021] ここで、図2(b)の順序2に示す通り、半導体スイッチSR2のON状態を維持したままで、半導体スイッチSR3をONする。すると、図4(2)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T2および半導体スイッチSR2を介して中性点端子Nに流れる電流と、タップ巻線1から、端子T2、半導体スイッチSR3、および抵抗器Rを介して中性点端子Nに流れる電流に抵抗比に見合って分流する。

[0022] 次に、図2(b)の順序3に示す通り、半導体スイッチSR2をOFFする。すると、図4(3)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T2、半導体スイッチSR3、および抵抗器Rを介して中性点端子Nに流れる。そして、図2(b)の順序4に示す通り、半導体スイッチSR1をONする。半導体スイッチSR3には抵抗器Rが接続されているため、図4(4)に示す通り、電流の大部分は、タップ巻線1から、端子T1および半導体スイッチSR1を介して中性点端子Nに流れる。ただし、タップ巻線1から、端子T2、半導体スイッチSR3、および抵抗器Rを介して中性点端子Nに流れる電流も存在する。

[0023] 最後に、図2(b)の順序5に示す通り、半導体スイッチSR3をOFFにする。すると、図4(5)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T1および半導体スイッチSR1を介して中性点端子Nに流れる電流のみとなる。以上のように切換シーケンスを終了し、図4(5)に示す状態で運転

を継続することとなる。

[0024] 以上の通り、第1の半導体スイッチSR1または第2の半導体スイッチSR2のいずれかがタップ巻線1に接続されている接続スイッチであり、他方の半導体スイッチへの切換えを行う場合には、第3の半導体スイッチSR3をONとし、接続スイッチをOFFとし、他方の半導体スイッチをONとし、第3の半導体SR3スイッチをOFFとすることで、切換えを行うことができる。

[0025] [3. 作用効果]

以上のような本実施形態の作用効果は以下のとおりである。

(1) 静止誘導電器のタップ巻線1に接続される端子T1および端子T2と、端子T1と、静止誘導電器の中性点端子Nと、の間に接続された半導体スイッチSR1と、端子T2と、中性点端子Nと、の間に接続された半導体スイッチSR2と、端子T2と、中性点端子Nと、の間に、半導体スイッチSR2と並列に接続された半導体スイッチSR3と、半導体スイッチSR3と、中性点端子Nと、の間に接続された抵抗器Rと、を有する。

[0026] 上述の通り、従来の真空バルブや油中接点を用いたタップ切換器の場合、複数個の真空バルブや油中接点に対し、接点を動作させるための蓄勢機構が必要となっていた。一方、半導体スイッチSR1、SR2、SR3においては蓄勢機構が不要であり、またタップ切換器を構成するスイッチの総数が3個と少ないことから、タップ切換器の小型化を実現することができる。

[0027] また、油中接点や真空バルブは、蓄勢機構を含め機械的に調整を行う必要が生じる。さらに、油中接点は、アーク放電により絶縁媒体を汚損する可能性がある。しかし、半導体スイッチSR1、SR2、SR3を有する本実施形態では、切換回数や切換速度に関わらず切換えを行うことが可能である。すなわち、スイッチに切換えによる劣化が生じないため、機械的な調整が不要となる。また、アーク放電を発する機構がないため、放電による絶縁媒体の汚染も生じない。そのため、点検および部品の交換の間隔を従来よりも長くすることができる。以上より、小型でメンテナンス間隔を長期化させたタッ

プ切換器を提供することができる。

[0028] さらに、本実施形態では、半導体スイッチSR1、SR2、SR3を有している。真空バルブを使用しないため、真空バルブと周囲絶縁媒体との圧力差による制限がなく、使用する絶縁媒体の制限を従来よりも緩和することができる。

[0029] (2) 半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2のいずれかがタップ巻線1に接続されている接続スイッチであり、他方の半導体スイッチへの切換えを行う場合に、半導体スイッチSR3をONとし、接続スイッチをOFFとし、他方の半導体スイッチをONとし、半導体スイッチSR3をOFFとする。

[0030] 以上のような切換シーケンスにより、3つの半導体スイッチSR1、SR2、SR3のみを用いたタップの切換が可能となった。本実施形態では、半導体スイッチを4以上設けたり、他の機械式接点を用いる必要がないため、小型でメンテナンス間隔を長期化させたタップ切換器を提供することができる。

[0031] [第1の実施形態の変形例]

第1の実施形態の変形例のタップ切換器の構成は、基本的には第1の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、半導体スイッチSR3を、タップ巻線1の電流が0Aとなる直前にONとし、接続スイッチを、タップ巻線1の電流が0AとなったときにOFFとし、他方の半導体スイッチを、接続スイッチをOFFとした直後にONとする。

[0032] タップ巻線1の電流が0Aとなる直前は、周期的に変化する電流波形から求めることができる。例えば、一度電流が0Aとなった以降に電流値が上昇してから下降する波形を描く場合、下降傾向にある電流波形において電流値が1Aとなったときを0Aとなる直前とすることができる。同様に、一度電流が0Aとなった以降に電流値が下降してから上昇する波形を描く場合、上昇傾向にある電流波形において電流値が-1Aとなったときを0Aとなる直前とすることができる。タップ巻線1の電流波形は、電流計測器により測定

すれば良い。

[0033] 図2(a)に示すように、端子T1から端子T2に切り替える場合、半導体スイッチSR1がONの状態(順序1)で、タップ巻線1の電流が0Aとなる直前に半導体スイッチSR3をONとする(順序2)。そして、続いて訪れる電流ゼロ点において、半導体スイッチSR1をOFFとする(順序3)。その後、速やかに半導体スイッチSR2をONとする(順序4)。半導体スイッチSR3については、半導体スイッチSR2をONとした後の電流ゼロ点でOFFとする(順序5)。

[0034] 以上のような本実施形態の変形例では、上記実施形態に加えて、以下の作用効果を奏することができる。すなわち、巻線電流が0Aとなる直前に半導体スイッチSR3をONとすることで、続いて電流が0Aとなる際に接続スイッチをOFFとし、すかさず他の半導体スイッチをONとすることができる。他の半導体スイッチがONとなると、電流は、抵抗器Rを有さない他の半導体スイッチ側を主に流れる。従って、半導体スイッチSR3と抵抗器Rに電流が流れる時間を短くすることができる。そのため、半導体スイッチSR3と抵抗器Rの熱容量を最小化することができる。

[0035] 抵抗器Rは、電流が流れれば発熱するため、抵抗器Rに電流が流れる時間が長くなる場合には、抵抗を大きくする必要が生じる。しかし、本実施形態の変形例では、抵抗器Rに電流が流れる時間が短期化されるため、抵抗器Rを小型化することが可能となる。

[0036] なお、GTOやIGBTのような自励式素子を使用した場合においても、タップ巻線1を流れる電流値を取得した電流値が0Aとなる近傍で、最短時間にて切換操作を実行することで、同様の効果を得ることができる。

[0037] [第2の実施形態]

[1. 構成]

第2の実施形態のタップ切換器の構成は、基本的には第1の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、図5に示す通り、スイッチSW1が、半導体スイッチSR1と並列となるように接続されている。

またスイッチSW2が、半導体スイッチSR2およびSR3と並列となるように接続されている。スイッチSW1およびSW2は、外部動力で駆動する機械的スイッチである。

[0038] 後述の通り、定常運転時には、スイッチSW1およびSW2に電流が流れる。そして、端子T1およびT2を切換える際の通電中の電圧電流の遮断は半導体スイッチSR1～SR3が行う。よって、スイッチSW1およびSW2は、半導体スイッチSR1およびSR3の内部抵抗分の電圧を遮断できればよく、通電中の大きな電圧電流を遮断できる必要はない。従って、スイッチSW1およびSW2としては、単純な機械的スイッチを用いることができ、真空バルブやスイッチギアのような遮断装置とする必要はない。このような機械的スイッチの動力は、例えばタップ切換器に接続されている不図示のタップ選択器を駆動する駆動源を利用することができる。

[0039] [2. 切換シーケンス]

本実施形態のタップ切換器の切換シーケンスについて、図6～8を参照して説明する。

[0040] (端子T1からT2へ切換える場合)

図6(a)は、端子T1からT2に切換える際の切換シーケンスを示す表である。図7は、端子T1からT2に切換える際の電流を説明する回路図である。

[0041] まず、端子T1が接続されている場合、図6(a)の順序1に示す通り、スイッチSW1はON状態で有る一方、半導体スイッチSR1～SR3およびスイッチSW2はOFF状態である。図7(1)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T1およびスイッチSW1を介して中性点端子Nに流れる。

[0042] 次に、図6(a)の順序2に示す通り、スイッチSW1のON状態を維持したままで、半導体スイッチSR1をONする。すると、図7(2)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T1およびスイッチSW1を介して中性点端子Nに流れる電流と、タップ巻線1から、端子T1および半導体ス

イッチSR1を介して中性点端子Nに流れる電流に分流する。

[0043] そして、図6(a)の順序3に示す通り、スイッチSW1をOFFする。すると、図7(3)に示す通り、電流はタップ巻線1から、端子T1および半導体スイッチSR1を介して中性点端子Nに流れる。図6(a)の順序4～7は、図2(a)の順序2～5と同じシーケンスであるため、説明は省略する。図6(a)の順序4～7における電流の流れは、図7(4)～(7)に示す。

[0044] そして、図6(a)の順序8に示す通り、半導体スイッチSR2がONの状態を維持したままで、スイッチSW2をONする。すると、図7(8)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T2およびスイッチSW2を介して中性点端子Nに流れる電流と、タップ巻線1から、端子T2および半導体スイッチSR2を介して中性点端子Nに流れる電流とに分流する。

[0045] 次に、図6(a)の順序9に示す通り、半導体スイッチSR2をOFFする。すると、図7(9)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T2およびスイッチSW2を介して中性点端子Nに流れる電流のみとなる。以上のように切換シーケンスを終了し、図7(9)に示す状態で運転を継続することとなる。

[0046] (端子T2からT1へ切換える場合)

図6(b)は、端子T2からT1に切換える際の切換シーケンスを示す表である。図8は、端子T2からT1に切換える際の電流を説明する回路図である。

[0047] まず、端子T2が接続されている場合、図6(b)の順序1に示す通り、スイッチSW2はON状態で有る一方、半導体スイッチSR1～SR3およびスイッチSW1はOFF状態である。図8(1)に示す通り、電流は、タップ巻線1から、端子T2およびスイッチSW2を介して中性点端子Nに流れる。

[0048] ここで、図6(b)の順序2に示す通り、スイッチSW2のON状態を維持したままで、半導体スイッチSR2をONする。すると、図8(2)に示

す通り、電流は、タップ巻線 1 から、端子 T 2 およびスイッチ SW 2 を介して中性点端子 N に流れる電流と、タップ巻線 1 から、端子 T 2 および半導体スイッチ SR 2 を介して中性点端子 N に流れる電流に分流する。

[0049] そして、図 6 (b) の順序 3 に示す通り、スイッチ SW 2 を OFF する。すると、図 8 (3) に示す通り、電流はタップ巻線 1 から、端子 T 2 および半導体スイッチ SR 2 を介して中性点端子 N に流れる。図 6 (b) の順序 4 ~ 7 は、図 2 (b) の順序 2 ~ 5 と同じシーケンスであるため、説明は省略する。図 6 (b) の順序 4 ~ 7 における電流の流れは、図 8 (4) ~ (7) に示す。

[0050] そして、図 6 (b) の順序 8 に示す通り、半導体スイッチ SR 1 が ON の状態を維持したままで、スイッチ SW 1 を ON する。すると、図 8 (8) に示す通り、電流は、タップ巻線 1 から、端子 T 1 およびスイッチ SW 1 を介して中性点端子 N に流れる電流と、タップ巻線 1 から、端子 T 1 および半導体スイッチ SR 1 を介して中性点端子 N に流れる電流とに分流する。

[0051] 次に、図 6 (b) の順序 9 に示す通り、半導体スイッチ SR 1 を OFF する。すると、図 8 (9) に示す通り、電流は、タップ巻線 1 から、端子 T 2 およびスイッチ SW 1 を介して中性点端子 N に流れる電流のみとなる。以上のように切換シーケンスを終了し、図 8 (9) に示す状態で運転を継続することとなる。

[0052] 以上の通り、スイッチ SW 1 またはスイッチ SW 2 のいずれかがタップ巻線 1 に接続されている接続スイッチであり、他方のスイッチへの切換えを行う場合に、接続スイッチと並列に接続されている半導体スイッチ SR 1 または半導体スイッチ SR 2 を ON とし、接続スイッチを OFF とし、半導体スイッチ SR 3 を ON とし、接続スイッチと並列に接続されている半導体スイッチ SR 1 または半導体スイッチ SR 2 を OFF とし、他方のスイッチと並列に接続されている半導体スイッチ SR 1 または半導体スイッチ SR 2 を ON とし、半導体スイッチ SR 1 を OFF とし、他方のスイッチを ON とし、他方のスイッチと並列に接続されている半導体スイッチ SR 1 または半導体

スイッチSR2をOFFとすることで、切換えを行うことができる。

[0053] [3. 作用効果]

以上のような本実施形態では、上記実施形態に加えて、以下の作用効果を得ることができる。

(1) 半導体スイッチSR1と並列に接続されたスイッチSW1と、半導体スイッチSR2および半導体スイッチSR3と並列に接続されたスイッチSW2と、を有する。

[0054] 半導体スイッチを用いた場合、半導体素子により小さくとも抵抗が生じることになり、半導体スイッチで発熱が生じる。この半導体スイッチの抵抗により、静止誘電電器の変換効率が減少する可能性がある。しかし、本実施形態では、定常運転の時は機械的スイッチであるスイッチSW1およびSW2を用いるため、定常運転時の回路において抵抗を生じさせることがない。定常運転時には、半導体スイッチSR1およびSR2に通電されないため、半導体スイッチSR1およびSR2の熱容量を最小化することができる。

[0055] (2) スwitchSW1またはスイッチSW2のいずれかがタップ巻線1に接続されている接続スイッチであり、他方のスイッチへの切換えを行う場合に、接続スイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をONとし、接続スイッチをOFFとし、半導体スイッチSR3をONとし、接続スイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をOFFとし、他方のスイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をONとし、半導体スイッチSR1をOFFとし、他方のスイッチをONとし、他方のスイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をOFFとする。

[0056] すなわち、電流は、定常運転時にスイッチSW1またはSW2を流れ、切換動作をする時にのみ半導体スイッチSR1～SR3が用いられる。そのため、スイッチSW1およびSW2は、半導体スイッチSR1～SR3の内部

抵抗分の電圧を切れば良い。従って、真空バルブやスイッチギアのような遮断装置ではなく、単純な機械的なスイッチを用いることができる。すなわち、スイッチSW1およびSW2は、接触または開放時に大きな駆動力を必要としない。従って、機械的スイッチおよびその動作機構を考慮したとしても、従来よりも小型化されたタップ切換器を提供することができる。

[0057] また、上述の通り、スイッチSW1およびSW2は、半導体スイッチSR1～SR3の内部抵抗分の電圧を切れば良い。そのため、周囲絶縁媒体を汚染するような大きなアーク放電を生じさせることがない。以上より、小型でメンテナンス間隔を長期化させたタップ切換器を提供することができる。

[0058] さらに、半導体スイッチは過電圧に弱い、本実施形態では定常運転時にはスイッチSW1およびSW2を電流が流れる。従って、回路に過電圧が侵入したとしても、スイッチSW1およびSW2に流れることとなる。以上より、半導体スイッチの両サイドに過電圧が印加されることを防止することができる。

[0059] [第2の実施形態の変形例]

第2の実施形態の変形例のタップ切換器の構成は、基本的には第2の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、複数のタップの切り換えを行うことを前提とし、一連の切り換え動作を行う前に、スイッチSW1およびSW2をOFFとし、半導体スイッチSR1～SR3にて連続して切り換え動作を行う。

[0060] 変形例のタップ切換器では、スイッチSW1およびSW2をOFFとした状態で、図6(a)および(b)の順序3～7を連続的かつ、所定の回数繰り返す。タップ切換器に接続されている不図示のタップ選択器は、静止誘導電器のタップ巻線から運転するタップを選択する。タップ切換器は、タップ選択器が選択したタップに回路を切換える。変形例のタップ切換器は、回路を切り換えた後、スイッチSW1およびSW2をONとせず、タップ選択器が選択した次のタップに切り換える動作を行う。このタップの切り換え動作を複数回行い、一連の切り換え動作が完了した時点で、スイッチSW1また

はSW2をONとし、ONとしたスイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をOFFとして、切り換え動作を完了する。

[0061] 以上のような変形例では、上記実施形態に加えて以下の作用効果を得ることができる。

タップ切換器は、タップ切換器は、連続して複数のタップを切換えるものであり、スイッチSW1またはスイッチSW2のいずれかがタップ巻線1に接続されている接続スイッチであり、他方のスイッチへの切換えを行う場合に、接続スイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をONとし、一連の切り換え動作開始前に、スイッチSW1およびスイッチSW2をOFFとし、半導体スイッチSR3をONとし、接続スイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をOFFとし、他方のスイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をONとし、半導体スイッチSR3をOFFとする動作を所定の回数繰り返す、一連の切り換え動作完了後に、スイッチSW1またはスイッチSW2をONとし、他方のスイッチと並列に接続されている半導体スイッチSR1または半導体スイッチSR2をOFFとする。

[0062] 機械式接点であるスイッチSW1およびスイッチSW2を、タップの切り換えごとに動作させる必要が生じないため、タップを連続的かつ高速に切換えることができる。以上より、従来の油中接点や真空バルブを用いたタップ切換器よりも高速で、連続的にタップの切換ができる、半導体スイッチを用いたタップ切換器を得られる。

[0063] [第3の実施形態]

[1. 構成]

第3の実施形態のタップ切換器の構成は、基本的には第2の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、図9に示す通り、スイッチSW3が、半導体スイッチSR1の端子T1側に、半導体スイッチSR

1 と直列に接続されている。またスイッチ SW 4 が、半導体スイッチ SR 2 の端子 T 2 側に、半導体スイッチ SR 2 と直列となるように接続されている。スイッチ SW 3 および SW 4 は、外部動力で駆動する機械的スイッチである。

[0064] 具体的には、スイッチ SW 3 は、半導体スイッチ SR 1 とスイッチ SW 1 の端子 T 1 側の接点と、半導体スイッチ SR 1 の間に設けられている。すなわち、スイッチ SW 3 を OFF とすると、半導体スイッチ SR 1 が回路から切り離されるように構成されている。また、スイッチ SW 4 は、半導体スイッチ SR 2 とスイッチ SW 2 の端子 T 2 側の接点と、半導体スイッチ SR 2 と半導体スイッチ SR 3 の端子 T 2 側の接点との間に設けられている。すなわち、スイッチ SW 4 を OFF とすると、半導体スイッチ SR 2 および SR 3 が回路から切り離されるように構成されている。

[0065] [ 2. 切換シーケンス ]

本実施形態のタップ切換器の切換シーケンスについて、図 10 を参照して説明する。図 10 ( a ) は、端子 T 1 から T 2 に切換える際の切換シーケンスを示す表であり、図 10 ( b ) は、端子 T 2 から T 1 に切換える際の切換シーケンスを示す表である。

[0066] まず、端子 T 1 が接続されている場合、図 10 ( a ) の順序 1 に示す通り、スイッチ SW 1 は ON 状態である一方、半導体スイッチ SR 1 ~ SR 3 およびスイッチ SW 2 ~ 4 は OFF 状態である。電流は、タップ巻線 1 から、端子 T 1 およびスイッチ SW 1 を介して中性点端子 N に流れる。

[0067] 次に、図 10 ( a ) の順序 2 に示す通り、スイッチ SW 1 の ON 状態を維持したままでスイッチ SW 3 および SW 4 を ON とし、半導体スイッチ SR 1 ~ SR 3 を回路につなぐ。図 10 ( a ) の順序 3 ~ 10 は、図 6 ( a ) の順序 3 ~ 10 と同じシーケンスであるため、説明は省略する。図 10 ( a ) の順序 10 では、半導体スイッチ SR 2 が OFF され、電流が、タップ巻線 1 から、端子 T 2 およびスイッチ SW 2 を介して中性点端子 N に流れる電流のみとなる。

[0068] この状態で、図10(a)の順序11に示す通り、スイッチSW3およびSW4をOFFする。すると、半導体スイッチSR1～SR3が回路から切り離される。以上のように切換シーケンスを終了し、運転を継続することとなる。

[0069] 端子T2が接続されている場合も同様に、図10(b)の順序2において、スイッチSW3およびSW4をONし、半導体スイッチSR1～SR3を回路に接続する。また、図10(b)の順序11において、スイッチSW3およびSW4をOFFし、半導体スイッチSR1～SR3を回路から切り離す。なお、図10(b)の順序3～10は、図6(b)の順序3～10と同じシーケンスであるため説明は省略する。

[0070] [3. 作用効果]

以上のような本実施形態では、上記実施形態に加えて、以下の作用効果を得ることができる。

[0071] (1) 半導体スイッチSR1の端子T1側に直列に接続されたスイッチSW3と、半導体スイッチSR2の端子T2側に直列に接続されたスイッチSW4と、を有する。

切り換え動作の直前にスイッチSW3およびSW4をONとし、半導体スイッチSR1～SR3を回路に接続する。切り換えが完了したら、スイッチSW3およびSW4をOFFすることで、半導体スイッチSR1～SR3を主回路から切り離す。すなわち、切り換え動作以外の定常運転時には、半導体スイッチSR1～SR3を主回路から切り離すことができる。

[0072] (2) 切り換え動作開始前に、スイッチSW3およびスイッチSW4をONとし、切り換え動作完了後に、スイッチSW3およびスイッチSW4をOFFとする。

半導体スイッチSR1～SR3は、過電流・過電圧により破損が生じるおそれがあるが、定常運転時はスイッチSW3およびSW4により主回路から切り離すことができるため、落雷等により半導体スイッチSR1～SR3が破損されることを防止できる。すなわち、外部サージや異常電流による半導

体スイッチSR1～SR3の故障確率を低減することができ、長期的な信頼性を向上させることができる。これにより、点検および交換の間隔をさらに長くすることが可能になる。

[0073] [第3の実施形態の変形例]

第3の実施形態の変形例のタップ切換器の構成は、基本的には第3の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、複数のタップの切り換えを行うことを前提とし、一連の切り換え動作を行う前に、スイッチSW3およびSW4をONとし、半導体スイッチSR1～SR3を回路につなぐ。

[0074] 変形例のタップ切換器では、スイッチSW3およびSW4をONとした状態で、図10(a)および(b)の順序3～9を連続的かつ繰り返し実行する。タップ切換器に接続されている不図示のタップ選択器は、静止誘導電器のタップ巻線から運転するタップを選択する。タップ切換器は、タップ選択器が選択したタップに回路を切換える。変形例のタップ切換器は、回路を切り換えた後、スイッチSW3およびSW4をOFFとせず、タップ選択器が選択した次のタップに切り換える動作を行う。このタップの切り換え動作を複数回行い、一連の切り換え動作が完了した時点で、スイッチSW3およびSW4をOFFとし、半導体スイッチSR1～SR3を回路から切り離す。

[0075] 以上のような変形例では、上記実施形態に加えて以下の作用効果を得ることができる。

タップ切換器は、連続して複数のタップを切換えるものであり、一連の切り換え動作開始前に、スイッチSW3およびスイッチSW4をONとし、一連の切り換え動作完了後に、スイッチSW3およびスイッチSW4をOFFとする。

[0076] 機械式接点であるスイッチSW3およびスイッチSW4を、タップの切り換えごとに動作させる必要が生じないため、タップを連続的かつ高速に切換えることができる。以上より、従来の油中接点や真空バルブを用いたタップ切換器よりも高速で、連続的にタップの切換ができる、半導体スイッチを用

いたタップ切換器を得られる。

[0077] [第4の実施形態]

[1. 構成]

第4の実施形態のタップ切換器の構成は、基本的には第3の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、図11に示す通り、スイッチSW3およびスイッチSW4が3点式スイッチで構成されている。

[0078] 具体的には、スイッチSW3は、半導体スイッチSR1を接地する接点aと、端子T1と半導体スイッチSR1を接続する接点bと、を有する。スイッチSW3がOFF状態の場合、すなわちスイッチSW3が接点aに接続されている場合、半導体スイッチSR1はその両端を短絡された状態となる。スイッチSW3がON状態の場合、すなわちスイッチSW3が接点bに接続されている場合、半導体スイッチSR1は端子T1に接続された状態となる。

[0079] スイッチSW4は、半導体スイッチSR2および半導体スイッチSR3を接地する接点aと、端子T2と半導体スイッチSR2および半導体スイッチSR3を接続する接点bと、を有する。スイッチSW4がOFF状態の場合、すなわちスイッチSW4が接点aに接続されている場合、半導体スイッチSR2および半導体スイッチSR3はその両端を短絡された状態となる。スイッチSW4がON状態の場合、すなわちスイッチSW4が接点bに接続されている場合、半導体スイッチSR2および半導体スイッチSR3は端子T1に接続された状態となる。

[0080] [2. 切換シーケンス]

本実施形態のタップ切換器の切換シーケンスについて、図12を参照して説明する。図12(a)は、端子T1からT2に切換える際の切換シーケンスを示す表であり、図12(b)は、端子T2からT1に切換える際の切換シーケンスを示す表である。

[0081] まず、端子T1が接続されている場合、図12(a)の順序1に示す通り、スイッチSW1はON状態で有る一方、半導体スイッチSR1～SR3お

よびスイッチSW2はOFF状態である。また、スイッチSW3およびスイッチSW4は、接点aに接続されており、半導体スイッチSR1はその両端を短絡された状態となっている。電流は、タップ巻線1から、端子T1およびスイッチSW1を介して中性点端子Nに流れる。

[0082] 次に、図12(a)の順序2に示す通り、スイッチSW1のON状態を維持したままでスイッチSW3およびSW4を接点bに接続し、半導体スイッチSR1～SR3を回路につなぐ。図12(a)の順序3～10は、図6(a)の順序3～10と同じシーケンスであるため、説明は省略する。図12(a)の順序10では、半導体スイッチSR2がOFFされ、電流が、タップ巻線1から、端子T2およびスイッチSW2を介して中性点端子Nに流れる電流のみとなる。

[0083] この状態で、図12(a)の順序11に示す通り、スイッチSW3およびSW4を接点aに接続する。すると、半導体スイッチSR1～SR3は、回路から切り離されるとともに、その両端を短絡された状態となる。以上のように切換シーケンスを終了し、運転を継続することとなる。

[0084] 端子T2が接続されている場合も同様に、図12(b)の順序2において、スイッチSW3およびSW4を接点bに接続し、半導体スイッチSR1～SR3を回路に接続する。また、図12(b)の順序11において、スイッチSW3およびSW4を接点aに接続する。すると、半導体スイッチSR1～SR3は、回路から切り離されるとともに、その両端を短絡された状態となる。なお、図10(b)の順序3～10は、図6(b)の順序3～10と同じシーケンスであるため説明は省略する。

[0085] [3. 作用効果]

以上のような本実施形態では、上記実施形態に加えて、以下の作用効果を得ることができる。

[0086] スイッチSW3およびスイッチSW4が3点式のスイッチであり、スイッチSW3は、半導体スイッチSR1を接地する接点aと、端子T1と半導体スイッチSR1を接続する接点bと、を有し、スイッチSW4は、半導体ス

スイッチSR2および半導体スイッチSR3を接地する接点aと、端子T2と半導体スイッチSR2および半導体スイッチSR3を接続する接点bと、を有する。切り換え動作以外の定常運転時には、半導体スイッチSR1～SR3を主回路から切り離すとともに、その両端を短絡された状態とすることができる。常時通電時は機械的スイッチにより半導体スイッチSR1～SR3の両端を短絡することで、雷サージ等の影響で半導体スイッチSR1～SR3に過電圧が発生することを防止することができる。従って、長期的な信頼性が向上され、点検および交換の間隔をさらに長くすることが可能になる。

[0087] [第5の実施形態]

第5の実施形態のタップ切換器の構成は、基本的には第4の実施形態と同じである。ただし、本実施形態のタップ切換器では、図13に示す通り、半導体スイッチSR1～SR3に、電圧抑制素子2が並列に接続されている。電圧抑制素子2としては、非線形素子アレスタのように、一定電圧以上が印加されると導通する素子を用いることができる。電圧抑制素子2は、半導体を過電圧から保護する機能を有する。

[0088] 以上のような本実施形態では、上記実施形態に加えて、以下の作用効果を得ることができる。切換動作中、半導体スイッチSR1～SR3に通電した状態で、外部サージ等による異常電圧が発生した場合であっても、半導体スイッチSR1～SR3の破壊を防止することができる。従って、長期的な信頼性が向上され、点検および交換の間隔をさらに長くすることが可能になる。

[0089] [他の実施形態]

(1) 上記の実施形態において、半導体スイッチSR1～SR3、およびスイッチSW1～SW4の接点の開閉は、CPUやメモリを含み所定のプログラムで動作するコンピュータや専用の電子回路で構成される不図示の制御装置で行われる。制御装置は、タップ切換器やタップ選択器の状態を検知して自動で接点の開閉を行う構成とするが、制御装置を介してオペレータにより

手動操作されることもできる。また、上記の実施形態は、タップ切換器を上記の切り換えシーケンスにより制御する方法としても捉えることができる。

[0090] (2) 上記の実施形態は、適宜組み合わせて用いることができる。例えば、第1～第3の実施形態において、電圧抑制素子を設けてもよい。また、第1の実施形態の変形例を、第2～第5の実施形態に適用したとしても、同様の効果を得ることができる。

[0091] (3) 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

## 符号の説明

[0092] 1…タップ巻線  
2…電圧抑制素子  
T 1、T 2…端子  
S R 1、S R 2、S R 3…半導体スイッチ  
R…抵抗器  
N…中性点端子  
S W 1～S W 4…スイッチ  
a、b…接点

## 請求の範囲

- [請求項1] 静止誘導電器のタップ巻線に接続される第1の端子および第2の端子と、  
前記第1の端子と、前記静止誘導電器の中性点端子と、の間に接続された第1の半導体スイッチと、  
前記第2の端子と、前記中性点端子と、の間に接続された第2の半導体スイッチと、  
前記第2の端子と、前記中性点端子と、の間に、前記第2の半導体スイッチと並列に接続された第3の半導体スイッチと、  
前記第3の半導体スイッチと、前記中性点端子と、の間に接続された抵抗器と、  
を有することを特徴とするタップ切換器。
- [請求項2] 前記第1の半導体スイッチまたは第2の半導体スイッチのいずれかがタップ巻線に接続されている接続スイッチであり、他方の半導体スイッチへの切換えを行う場合に、  
前記第3の半導体スイッチをONとし、  
前記接続スイッチをOFFとし、  
前記他方の半導体スイッチをONとし、  
前記第3の半導体スイッチをOFFとすること、  
を特徴とする請求項1記載のタップ切換器。
- [請求項3] 前記第3の半導体スイッチを、前記タップ巻線の電流が0Aとなる直前にONとし、  
前記接続スイッチを、前記タップ巻線の電流が0AとなったときにOFFとし、  
前記他方の半導体スイッチを、前記接続スイッチをOFFとした直後にONとすること、  
を特徴とする請求項2記載のタップ切換器。
- [請求項4] 前記第1の半導体スイッチと並列に接続された第1のスイッチと、

前記第2の半導体スイッチおよび第3の半導体スイッチと並列に接続された第2のスイッチと、

を有することを特徴とする請求項1記載のタップ切換器。

[請求項5]

前記第1のスイッチまたは第2のスイッチのいずれかがタップ巻線に接続されている接続スイッチであり、他方のスイッチへの切換えを行う場合に、

前記接続スイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをONとし、

前記接続スイッチをOFFとし、

前記第3の半導体スイッチをONとし、

前記接続スイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをOFFとし、

前記他方のスイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをONとし、

前記第3の半導体スイッチをOFFとし、

前記他方のスイッチをONとし、

前記他方のスイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをOFFとすること、

を特徴とする請求項4記載のタップ切換器。

[請求項6]

前記タップ切換器は、連続して複数のタップを切換えるものであり、前記第1のスイッチまたは第2のスイッチのいずれかがタップ巻線に接続されている接続スイッチであり、他方のスイッチへの切換えを行う場合に、

前記接続スイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをONとし、

一連の切り換え動作開始前に、前記第1のスイッチおよび前記第2のスイッチをOFFとし、

前記第3の半導体スイッチをONとし、前記接続スイッチと並列に

接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをOFFとし、前記他方のスイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをONとし、前記第3の半導体スイッチをOFFとする動作を所定の回数繰り返し、

一連の切り換え動作完了後に、前記第1のスイッチまたは前記第2のスイッチをONとし、

前記他方のスイッチと並列に接続されている前記第1の半導体スイッチまたは前記第2の半導体スイッチをOFFとすること、

を特徴とする請求項4記載のタップ切換器。

[請求項7] 前記第1の半導体スイッチの前記第1の端子側に直列に接続された第3のスイッチと、

前記第2の半導体スイッチの前記第2の端子側に直列に接続された第4のスイッチと、

を有することを特徴とする請求項4～6いずれか一項記載のタップ切換器。

[請求項8] 前記第3のスイッチおよび前記第4のスイッチが3点式のスイッチであり、

前記第3のスイッチは、前記第1の半導体スイッチを接地する接点と、前記第1の端子と前記第1の半導体スイッチを接続する接点と、を有し、

前記第4のスイッチは、前記第2の半導体スイッチおよび前記第3の半導体スイッチを接地する接点と、前記第2の端子と前記第2の半導体スイッチおよび前記第3の半導体スイッチを接続する接点と、を有する、

ことを特徴とする請求項7記載のタップ切換器。

[請求項9] 切り換え動作開始前に、前記第3のスイッチおよび前記第4のスイッチをONとし、

切り換え動作完了後に、前記第3のスイッチおよび前記第4のスイッチをOFFとすること、

を特等とする請求項7又は8記載のタップ切換器。

[請求項10] 前記タップ切換器は、連続して複数のタップを切換えるものであり、

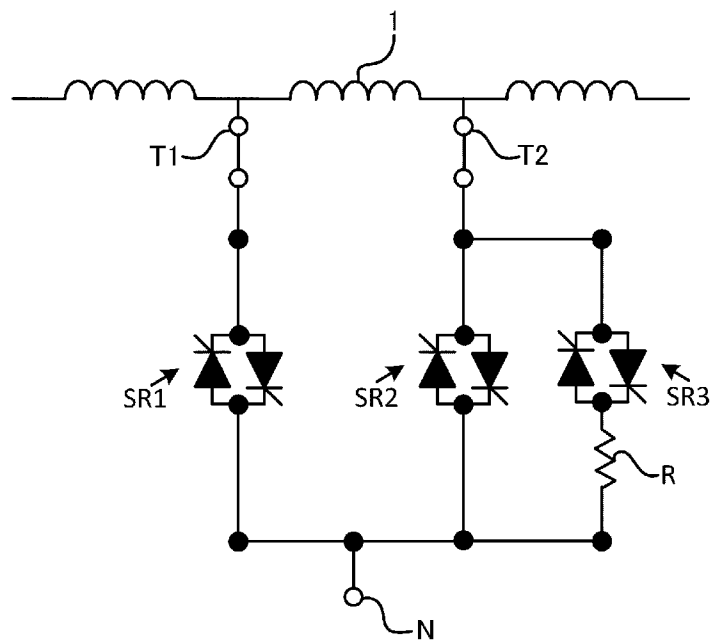
一連の切り換え動作開始前に、前記第3のスイッチおよび前記第4のスイッチをONとし、

一連の切り換え動作完了後に、前記第3のスイッチおよび前記第4のスイッチをOFFとすること、

を特徴とする請求項7又は8記載のタップ切換器。

[請求項11] 前記第1の半導体スイッチ、前記第2の半導体スイッチ、前記第3の半導体スイッチに、電圧抑制素子が接続されていることを特徴とする請求項1～10いずれか一項記載のタップ切換器。

[図1]



[図2]

(a) T1からT2への切換手順

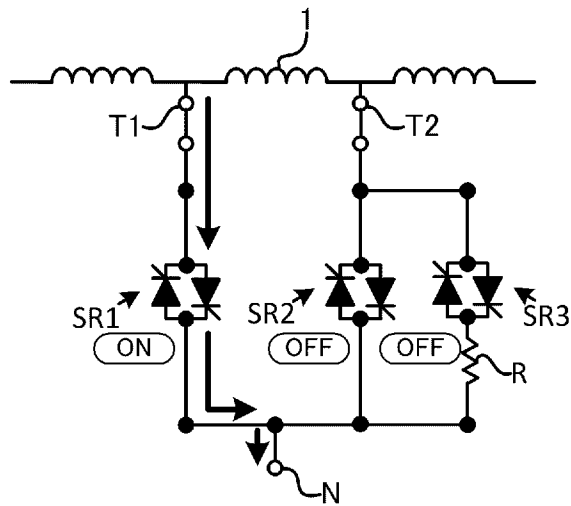
| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| SR1      | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF |
| SR2      | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  |
| SR3      | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF |

(b) T2からT1への切換手順

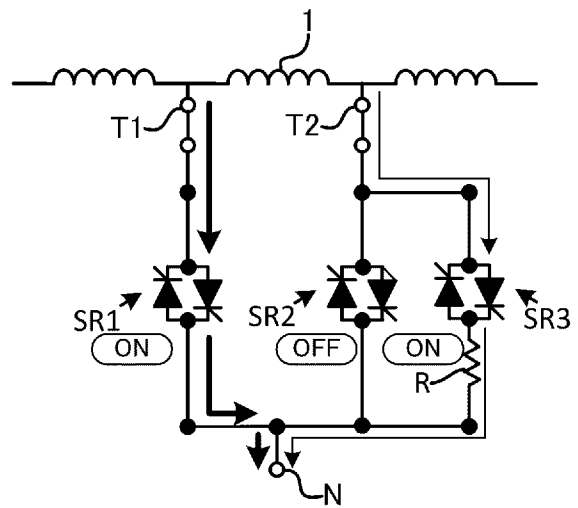
| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| SR1      | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  |
| SR2      | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF |
| SR3      | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF |

[図3]

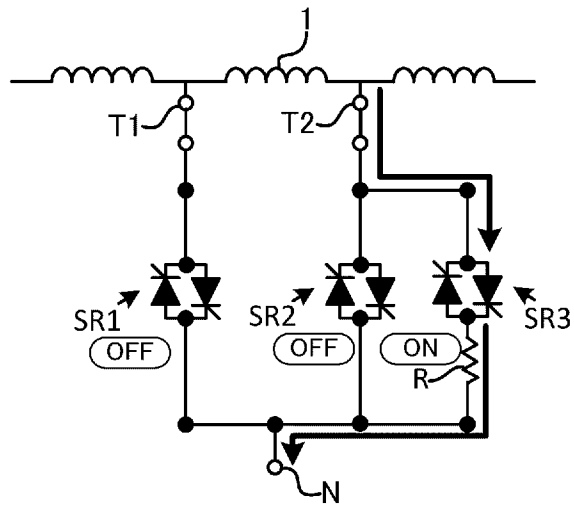
(1)



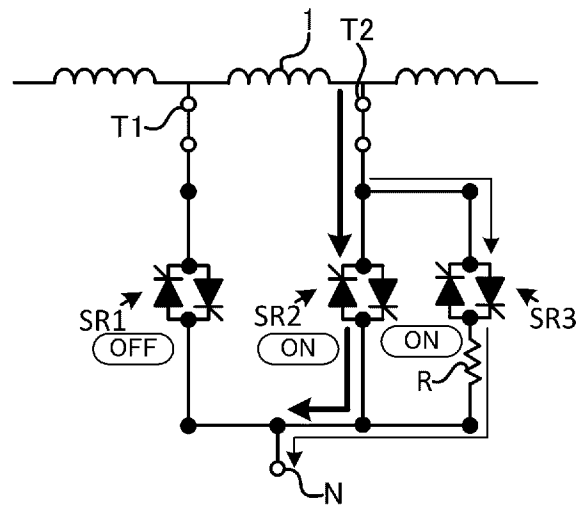
(2)



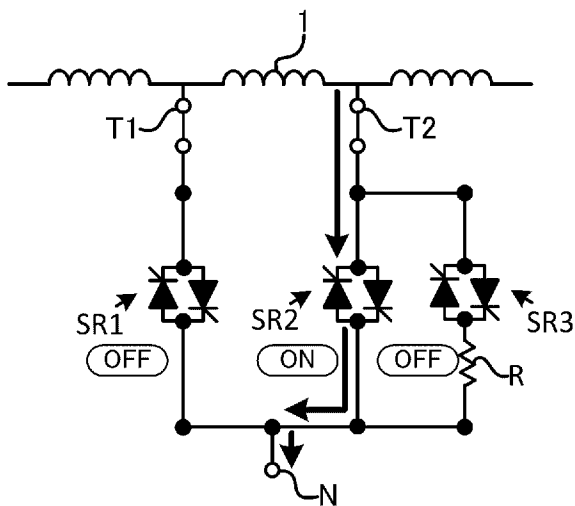
(3)



(4)

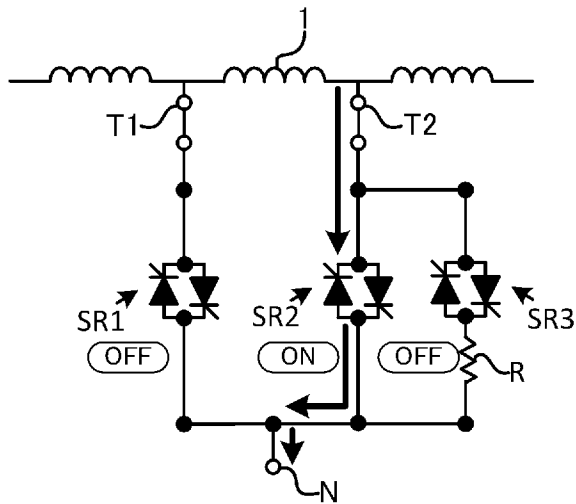


(5)

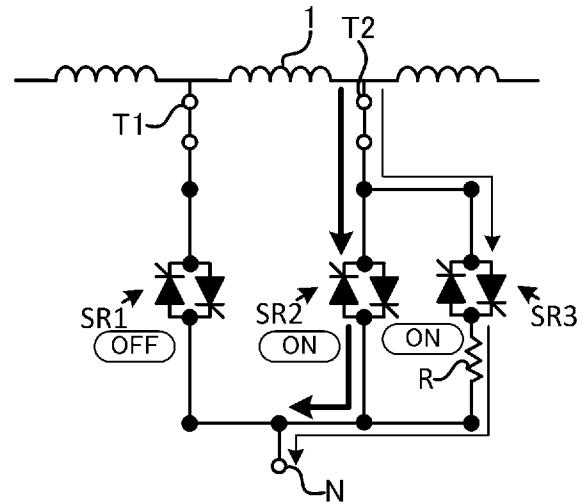


[図4]

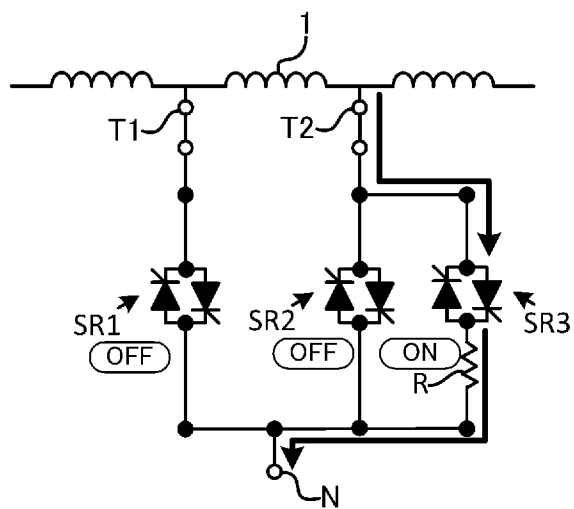
(1)



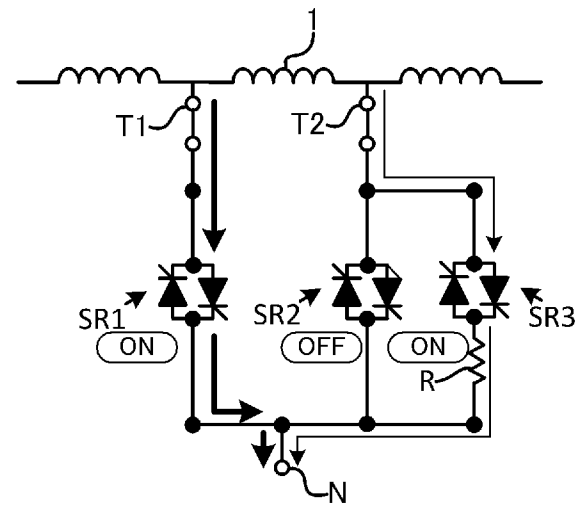
(2)



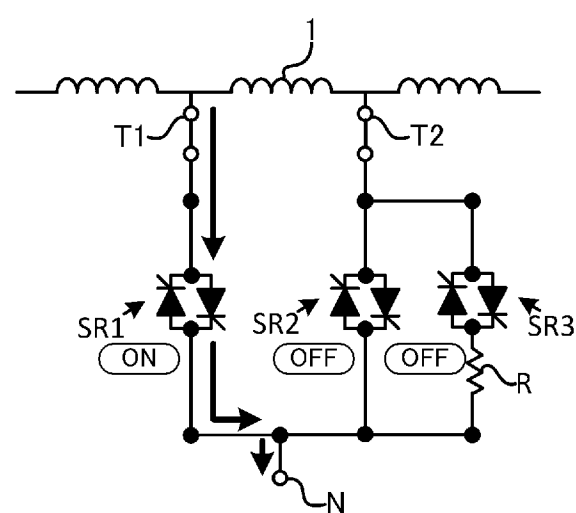
(3)



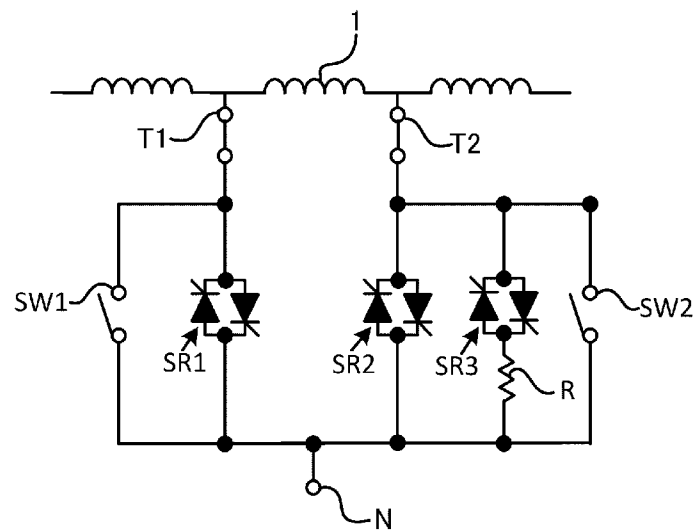
(4)



(5)



[図5]



[図6]

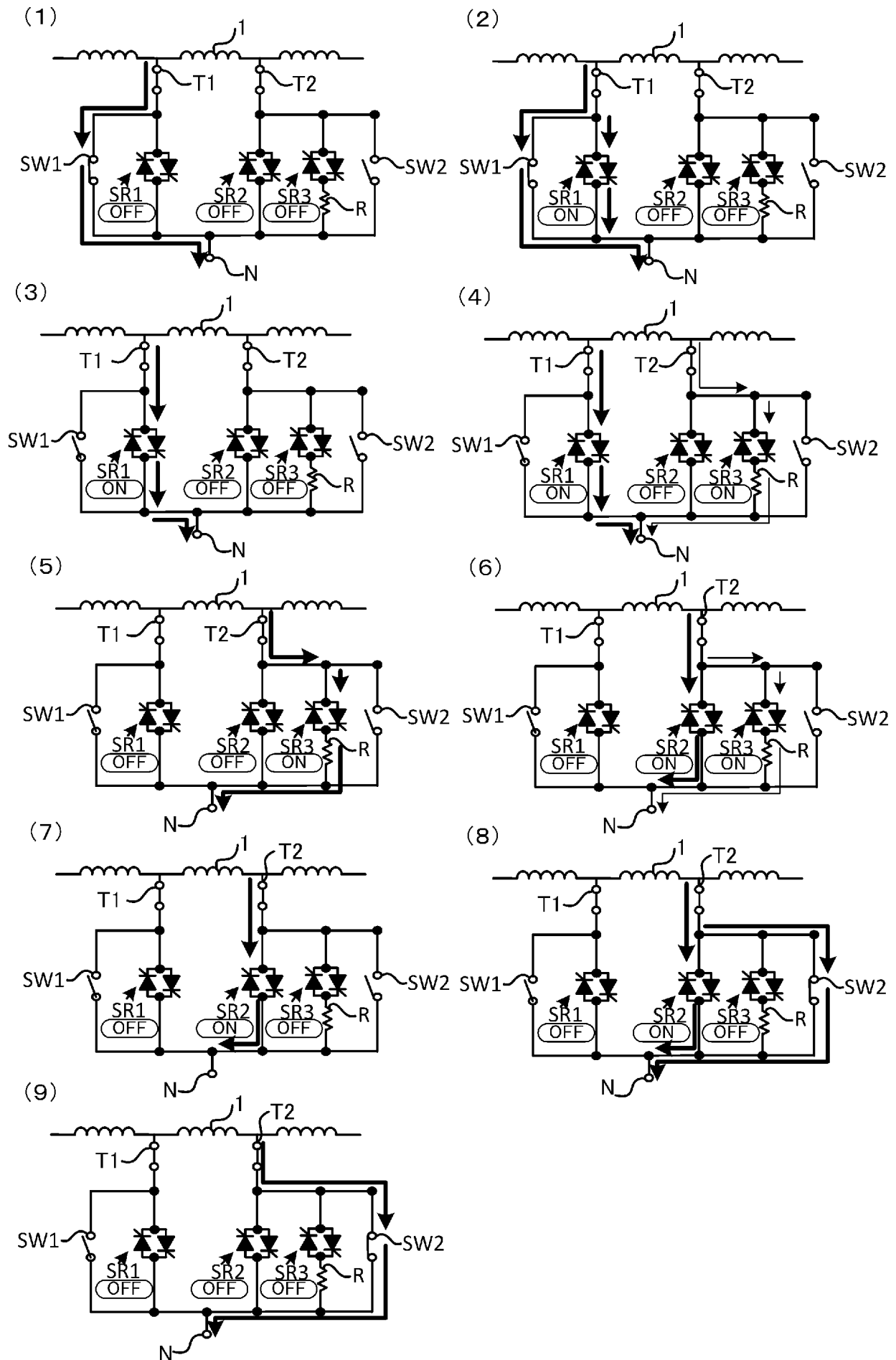
(a) T1からT2への切換手順

| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW1      | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR1      | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR2      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF |
| SR3      | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF |
| SW2      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  |

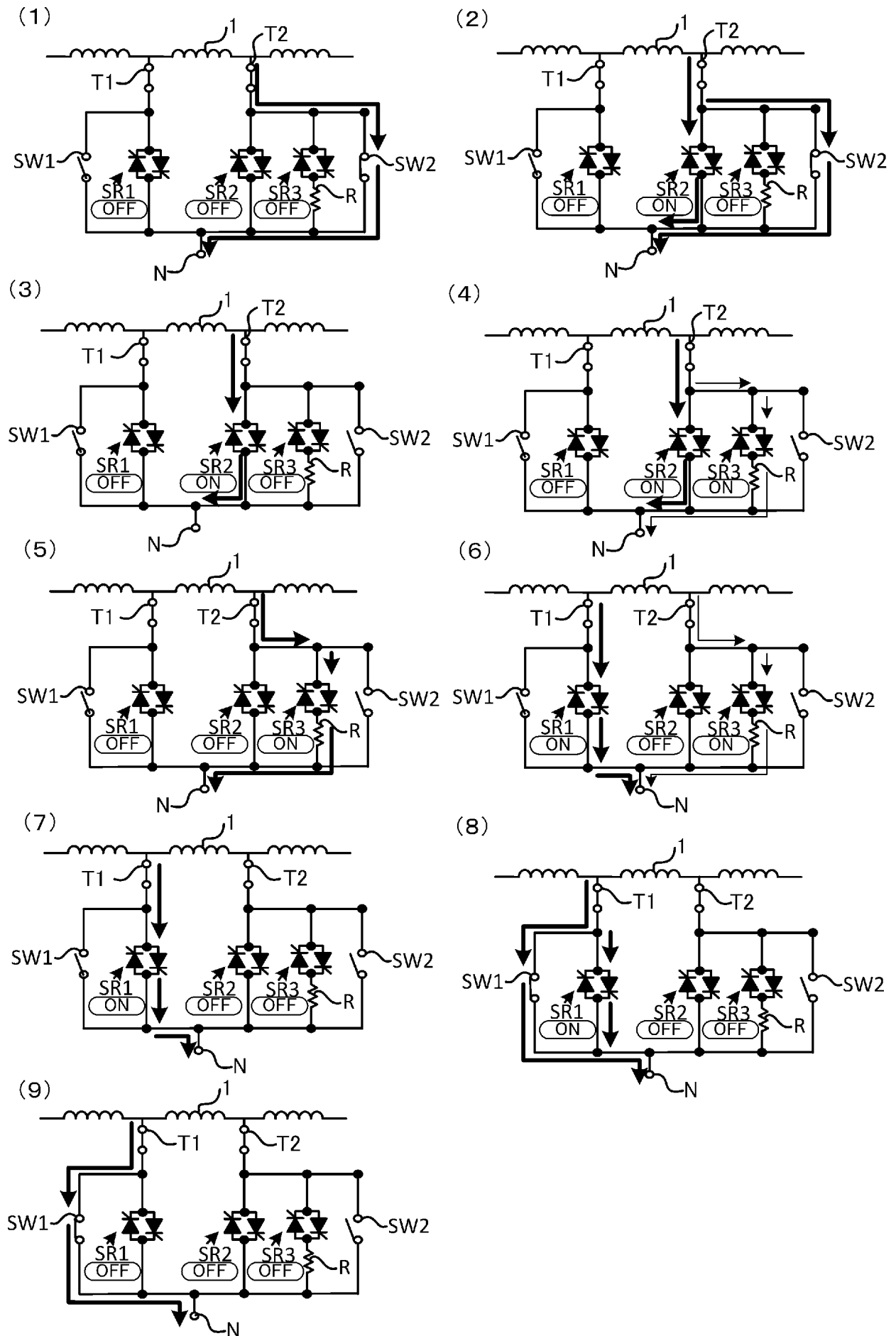
(b) T2からT1への切換手順

| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW1      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  |
| SR1      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF |
| SR2      | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR3      | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF |
| SW2      | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |

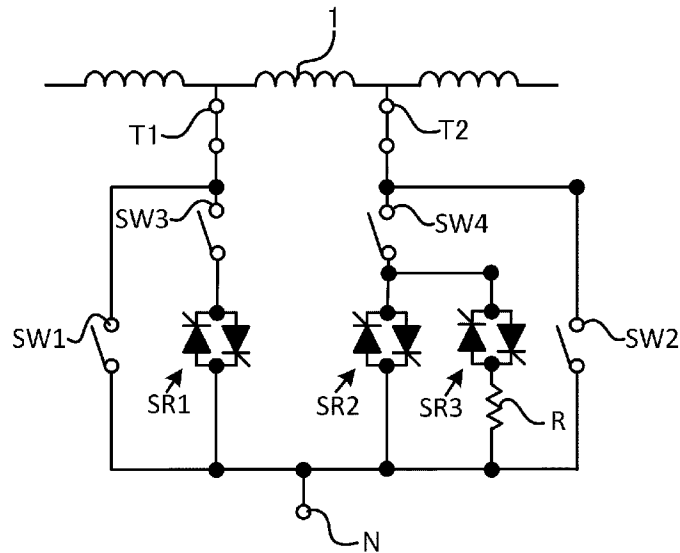
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

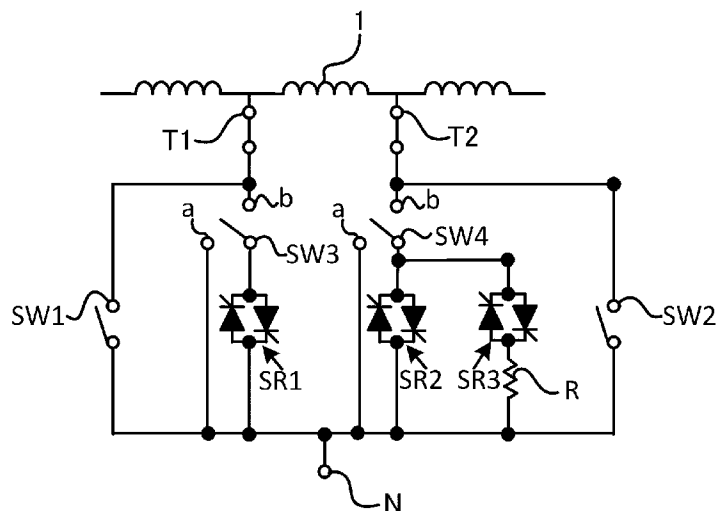
(a) T1からT2への切替手順

| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW3      | OFF | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | OFF |
| SW1      | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR1      | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR2      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF |
| SR3      | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SW2      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  |
| SW4      | OFF | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | OFF |

(b) T2からT1への切替手順

| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW3      | OFF | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | OFF |
| SW1      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  |
| SR1      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF |
| SR2      | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR3      | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SW2      | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SW4      | OFF | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | ON  | OFF |

[図11]



[図12]

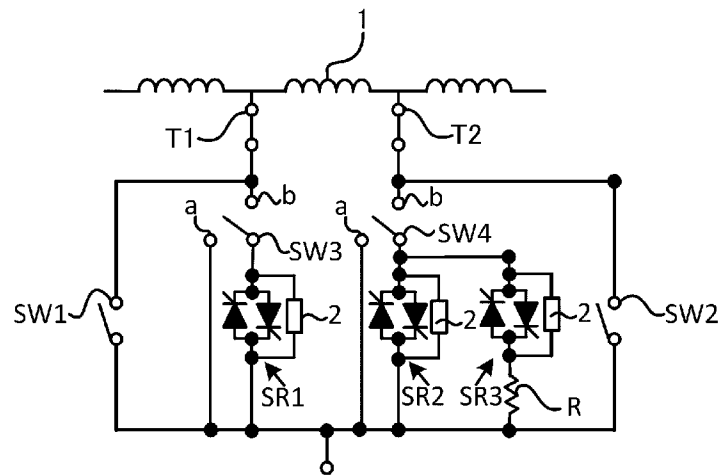
(a) T1からT2への切換手順

| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW3      | a   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | a   |
| SW1      | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR1      | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR2      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF |
| SR3      | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SW2      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  |
| SW4      | a   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | a   |

(b) T2からT1への切換手順

| 部品名 \ 順序 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW3      | a   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | a   |
| SW1      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  |
| SR1      | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF |
| SR2      | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SR3      | OFF | OFF | OFF | OFF | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SW2      | ON  | ON  | ON  | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| SW4      | a   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | b   | a   |

[図13]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065750

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F29/04(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F29/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 401593/1990 (Laid-open No. 93125/1992) (Meidensha Corp.), 13 August 1992 (13.08.1992), paragraphs [0002] to [0004]; fig. 2 (Family: none) | 1<br>2-11             |
| Y         | JP 50-7727 B1 (Saburo YAMAMOTO), 28 March 1975 (28.03.1975), column 2, lines 18 to 35; fig. 2, 8 & US 3662253 A column 2, lines 32 to 52; fig. 2, 8                                                                                                    | 2-10                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 August 2016 (17.08.16)

Date of mailing of the international search report  
30 August 2016 (30.08.16)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065750

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                           | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 47-16921 A (Arumena Suvensuka Electrisuka AB.),<br>05 September 1972 (05.09.1972),<br>page 3, upper left column, line 11 to lower<br>right column, line 10; fig. 1 to 2<br>(Family: none) | 2-10                  |
| Y         | JP 47-26253 B1 (Egon Shoibekku),<br>15 July 1972 (15.07.1972),<br>column 1, line 22 to column 2, line 31; fig. 1<br>(Family: none)                                                           | 4-10                  |
| Y         | JP 5-166645 A (Aichi Electric Co., Ltd.),<br>02 July 1993 (02.07.1993),<br>paragraphs [0018], [0024], [0028]; fig. 1, 4<br>(Family: none)                                                    | 8                     |
| Y         | JP 60-35429 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>23 February 1985 (23.02.1985),<br>page 2, upper right column, line 11 to lower<br>right column, line 17; fig. 1<br>(Family: none)              | 11                    |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01F29/04(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01F29/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2016年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2016年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2016年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                    | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X<br>Y          | 日本国実用新案登録出願 2-401593 号 (日本国実用新案登録出願公開 4-93125 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社明電舎) 1992.08.13, 段落[0002]-[0004], 図2 (ファミリーなし) | 1<br>2-11      |
| Y               | JP 50-7727 B1 (山本三郎) 1975.03.28, 第2欄第18-35行, 第2,8図 & US 3662253 A, 第2欄第32-52行, 第2,8図                                                 | 2-10           |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.08.2016

国際調査報告の発送日

30.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

久保田 昌晴

5 D

4230

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                               |                |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                             | 関連する<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 47-16921 A (アルメナ スベンスカ エレクトリスカ アクチーボ<br>ラゲット) 1972. 09. 05, 第 3 頁左上欄第 11 行-右下欄第 10 行, 第 1-2<br>図 (ファミリーなし) | 2-10           |
| Y                     | JP 47-26253 B1 (エゴン ショイベック) 1972. 07. 15, 第 1 欄第 22<br>行-第 2 欄第 31 行, 第 1 図 (ファミリーなし)                         | 4-10           |
| Y                     | JP 5-166645 A (愛知電機株式会社) 1993. 07. 02, 段落[0018],<br>[0024], [0028], 図 1, 4 (ファミリーなし)                          | 8              |
| Y                     | JP 60-35429 A (三菱電機株式会社) 1985. 02. 23, 第 2 頁右上欄第 11<br>行-右下欄第 17 行, 第 1 図 (ファミリーなし)                           | 11             |